



3 / Priority
Doc.
E. Willis
1-22-03

10872 U.S. PTO
10/053774



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 101 05 939.6
Anmeldetag: 09. Februar 2001
Anmelder/Inhaber: Snap-on Deutschland Holding GmbH,
Mettmann/DE
Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Kalibrieren
einer Unwuchtmesseinrichtung
IPC: G 01 M 1/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 13. Dezember 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

[Patentanmeldung]

**Verfahren und Vorrichtung zum Kalibrieren einer Unwuchtmess-
einrichtung**

5

[Beschreibung]

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren einer
Unwuchtmesseinrichtung nach dem Oberbegriff des Patentan-
spruches 1 und eine Vorrichtung hierzu nach dem Oberbegriff
10 des Patentanspruches 8.

[Stand der Technik]

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind
aus der EP 0 133 229 B1 bekannt. Beim bekannten Verfahren
15 und bei der bekannten Vorrichtung werden zum Kalibrieren ei-
ner Auswuchtmaschine zunächst in einer ersten Kalibrierebe-
ne, welche sich in einer bestimmten axialen Lage zur Mess-
achse senkrecht erstreckt, und in einem bestimmten radialen
Abstand von der Messachse eine erste Kalibriermasse bekann-
20 ter Größe angeordnet und um die Messachse gedreht. Ferner
wird in einer zweiten Kalibrierebene mit einer zur ersten
Kalibrierebene unterschiedlichen axialen Lage eine zweite
Kalibriermasse bekannter Größe in einem bestimmten radialen
Abstand um die Messachse gedreht. Während der beiden Kalib-
25 rierläufe werden die Kräfte gemessen, welche aus den von den
Kalibriermassen erzeugten Unwuchten resultieren und für die
Kalibrierung der Auswuchtmaschine ausgewertet. Dabei wird
ein Vergleich der berechneten mit der aus der jeweiligen aus
der Kalibriermasse sich ergebenden Unwucht durchgeführt und
30 aus diesem Vergleich Korrekturfaktoren für die Kalibrierung
der Auswuchtmaschine berechnet.

Die Anordnung der Kalibriermasse in der jeweiligen Kalib-
rierebene ist an die Anordnung und die Abmessungen eines re-

alen Prüfroters gebunden, an welchem in jedem Kalibrierlauf die jeweilige Kalibriermasse befestigt wird. Die Korrekturfaktoren für unterschiedliche axiale Positionierungen bzw. Abstände der Kalibrierebenen von den Messebenen, in denen
5 die Messwertgeber zur Erfassung der Kräfte angeordnet sind, ändern sich nicht exakt linear, so dass die Extrapolation eines jeweiligen Korrekturfaktors auf die jeweilige Messebene, in welcher der Messgeber angeordnet ist, systembedingt fehlerbehaftet ist.

10

[Aufgabe der Erfindung]

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welcher eine verbesserte Kalibrierung der Unwuchtmesseinrichtung er-
15 reicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß beim Verfahren durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 und bei der Vorrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentan-
20 spruches 8 gelöst.

Bei der Erfindung werden in einem Kalibrierlauf zwei Kalibriermassen gleicher oder ungleicher Größe in zwei unterschiedlichen, einen axialen Abstand von einander aufweisenden Kalibrierebenen gleichzeitig zum Umlauf um die Messachse
25 gebracht. Dabei wird in einer anderen Kalibrierebene eine um die Messachse umlaufende Kalibriermasse simuliert. Die beiden realen Kalibriermassen können in Form von Kalibriergewichten an einem Prüfroter in zwei unterschiedlichen axialen
30 Ebenen (Kalibrierebenen) befestigt sein. Der Prüfroter ist ausgewuchtet und in bekannter Weise an einer Messwelle der Auswuchtmaschine befestigt.

Vorzugsweise sind die Kalibriermassen um 180° um die Mess-
35 achse zueinander versetzt angeordnet und werden in diesen

Positionen während des Kalibrierlaufes um die Messachse gedreht. Dabei werden die Kräfte gemessen, welche aus der Unwucht resultieren, die von der von den beiden Kalibriermassen simulierten Kalibriermasse erzeugt wird. Die Messwertgeber, welche die Kraftmessungen durchführen, können in herkömmlicher Weise in axialen Abständen an Messstellen der Messwelle angeordnet sein, wie es beispielsweise in der EP 0 133 299 gezeigt ist. Es ist jedoch auch möglich, die Messwertgeber im wesentlichen in einer einzigen zur Messwelle senkrechten Messebene anzuordnen und virtuelle Messstellen zu bilden, wie es beispielsweise aus der DE 198 44 975 A1 bekannt ist.

Die beiden Kalibriermassen können in gleichen oder unterschiedlichen Radien um die Messachse während des Kalibrierlaufes zum Umlauf gebracht werden. Wie schon erläutert, ergibt sich hieraus eine simulierte Kalibrierunwucht, welche aus den Positionen und den Größen der beiden gleichzeitig umlaufenden Kalibriermassen sich rechnerisch bestimmen lässt und vorzugsweise durch Vergleich in Beziehung gesetzt wird zu den von den Messgebern gemessenen Kräften. Hieraus ergeben sich dann unter Anwendung bekannter linearer Gleichungen für die Momente die für die Kalibrierung erforderlichen Korrekturgrößen.

Eine am ausgewuchteten Prüfroter eventuell vorhandene geringe Restunwucht kann vor oder nach dem Kalibriermessvorgang gemessen und bei der Kalibrierung der Messeinrichtung kompensiert werden.

Durch entsprechende Wahl der Größe der beiden realen Kalibriermassen und/oder deren Positionen läßt sich eine Kalibriermasse bzw. Kalibrierunwucht für den jeweiligen Kalibrierlauf in einer jeweiligen virtuellen Kalibrierebene simulieren, die zu einer optimalen Feststellung des systemati-

schen Fehlers der Messeinrichtung und damit zu einer optimierten Kalibrierung führt. Insbesondere ist die Erfindung von Vorteil bei Unwuchtmesseinrichtungen, bei denen der Bereich der realen Ausgleichsebenen außerhalb der realen oder
5 virtuellen Messebenen sich befindet (fliegende Rotorlagerung)

[Beispiele]

Anhand der Figuren wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels noch näher erläutert.
10

Es zeigt

Fig. 1 die Anordnung zweier Kalibriermassen bei einem
15 ersten Kalibrierlauf; und

Fig. 2 die Anordnung zweier Kalibriermassen bei einem zweiten Kalibrierlauf.

20 In den beiden Figuren sind schematisch die wesentlichen Bestandteile einer Unwuchtmesseinrichtung beispielsweise einer Radauswuchtmaschine dargestellt. Diese beinhalten eine Messwelle 3, auf welche für die Unwuchtmessung ein zu messender Rotor mit Hilfe bekannter Aufspannmittel befestigt wird. Die
25 Messwelle 3 ist um eine Messachse 2 drehbar und wird von einem nicht näher dargestellten Antrieb in bekannter Weise gedreht. Die Messwelle ist an zwei im axialen Abstand voneinander angeordneten Messwertgebern 10, 11 abgestützt. Von der Messwelle 3 während der Drehung ausgehende Kräfte werden von
30 den Messwertgebern 10, 11 erfasst und in entsprechende elektrische Signale gewandelt, die zur Auswertung an eine nicht näher dargestellte Auswerteeinrichtung weitergeleitet werden.

Für die jeweiligen Kalibrierläufe ist ein realer Prüfroter 1, welcher ausgewuchtet ist, vorgesehen. Dieser Prüfroter wird zum Kalibrieren der Unwuchtmesseinrichtung an der Messwelle 3 mit bekannten Spannmitteln befestigt und zentriert.

5 Zur Simulierung einer bestimmten Kalibrierunwucht werden in realen Kalibrierebenen 6, 7 des Prüfröters 1 eine erste und eine zweite Kalibriermasse 4, 5 in Form von Gewichten eingesetzt. Für den in Fig. 1 dargestellten Kalibrierlauf befindet sich in der ersten realen Kalibrierebene 6 die erste Kalibriermasse 4 mit der Größe U_L [g]. Die zweite Kalibrier-
10 masse 5 befindet sich mit ihrer Größe U_R [g] in der zweiten realen Kalibrierebene 7. Die beiden Kalibriermassen sind bezüglich der Messachse 2 um 180° zueinander versetzt am Prüfroter 1 angeordnet.

15

Durch die beiden Kalibriermassen 4, 5 wird in einer ersten simulierten Kalibrierebene 8 (virtuelle Kalibrierebene) eine simulierte Kalibriermasse 13 (virtuelles Kalibriergewicht) mit der Größe U_{Lv} [g] gebildet. Die erste Kalibriermasse 4

20 läuft bei dem in Fig. 1 dargestellten Kalibrierlauf um die Messachse 2 auf einen Kreis mit einem Durchmesser D_L [mm] um. Die zweite Kalibriermasse 5 läuft um die Messachse 2 auf einem Kreis mit dem Durchmesser D_R [mm] um. Die beiden Kalibrierebenen 6, 7 besitzen einen axialen Abstand b [mm]

25 voneinander. Hieraus ergibt sich der Durchmesser für den Umlaufkreis der simulierten Kalibriermasse 13 mit D_{Lv} [mm].

Wie aus der Fig. 1 zu ersehen ist, verschiebt sich die linke Kalibrierebene um den Betrag Δb_{Lv} [mm] mit den dargestellten Größenverhältnissen in axialer Richtung nach links zur simu-

30 lierten Kalibrierebene 8.

Bei der in der Fig. 2 dargestellten Anordnung der beiden Kalibriermassen 4, 5 ergibt sich eine zweite simulierte Kalibriermasse 14 in einer zweiten simulierten Kalibrierebene 9.

Hierzu ist die Kalibriermasse 4 mit der Größe U_R [g] in der rechten realen Kalibrierebene 7 und die zweite Kalibriermasse 5 mit der Größe U_L [g] in der linken realen Kalibrierebene 6 des realen Prüfrotors 1 angeordnet. Die Kalibriermasse 4 läuft auf einem Kreis mit dem Durchmesser D_R [mm] und die Kalibriermasse 5 läuft auf einem Kreis mit dem Durchmesser D_L [mm] um die Messachse 2 während des Kalibrierlaufs um. Die zweite simulierte Kalibriermasse 14 besitzt eine Größe U_{RV} [g]. Sie läuft auf einem Kreis mit dem Durchmesser D_{RV} [mm] um die Messachse 2 um. Die zweite simulierte Kalibrierebene 9 ist um eine axiale Strecke Δb_{RV} [mm] mit den dargestellten Größenverhältnissen gegenüber der realen rechten Kalibrierebene 7 nach rechts verschoben.

Bei der Durchführung der beiden in den Fig. 1 und 2 dargestellten Kalibrierläufe wird ein simulierter Prüfrotor 12, welcher mit strichlierten Linien in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist, gebildet. Dieser besitzt die linke simulierte Kalibrierebene 8 und die rechte simulierte Kalibrierebene 9, in denen die beiden virtuellen Kalibriermassen 13, 14, welche jeweils von den beiden realen Kalibriermassen 4, 5 gebildet werden, simuliert sind.

Die relevanten Größen und Positionen der simulierten Kalibriermassen 13, 14 am simulierten Prüfrotor 12 ergeben sich nach folgenden Beziehungen. Die Größe der simulierten Kalibriermassen 13, 14 ergeben sich aus der Bedingung, dass die Summe aller Querkräfte zu Null wird. Für die beiden Kalibrierläufe in den Fig. 1 und 2 ergeben sich daraus die folgenden Beziehungen:

$$U_L \cdot D_L + (-U_R) \cdot D_R - U_{LV} \cdot D_{LV} = 0$$

und daraus $U_{Lv} = \frac{U_L \cdot D_L - U_R \cdot D_R}{D_{Lv}}$ für den Kalibrier-
lauf der Fig. 1; und

5 $U_{Rv} = \frac{U_L \cdot D_L - U_R \cdot D_R}{D_{Rv}}$ für den Kalibrier-
lauf der Fig. 2; und

Die axialen Positionierungen der simulierten Kalibriermassen 13, 14 ergeben sich aus der Bedingung, dass die Summe der Momente zu Null wird.

10

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Durchmesser der Umlaufbahnen der beiden Kalibriermassen ergibt sich für den Kalibrierlauf in Fig. 1:

15
$$U_L \cdot D_L \cdot b - U_{Lv} \cdot D_{Lv} \cdot b_{Lv} = 0$$

und daraus
$$b_{Lv} = \frac{U_L \cdot D_L \cdot b}{U_{Lv} \cdot D_{Lv}}$$

20 und für den Kalibrierlauf in Fig. 2:

$$-U_R \cdot D_R \cdot b + U_{Rv} \cdot D_{Rv} \cdot b_{Rv} = 0$$

25 und daraus
$$b_{Rv} = \frac{U_R \cdot D_R \cdot b}{U_{Rv} \cdot D_{Rv}}$$

Die axialen Verlagerungen der linken simulierten Kalibrier-
ebene 8 relativ zur realen linken Kalibrierebene 6 errechnet
30 sich wie folgt:

$$\Delta b_{Lv} = \frac{-U_R \cdot D_R \cdot b}{U_{Lv} \cdot D_{Lv}} = b - b_{Lv}$$

Analog dazu ergibt sich die axiale Verlagerung der rechten simulierten Kalibrierebene 9 relativ zur realen rechten Kalibrierebene 7 wie folgt:

5
$$\Delta b_{Rv} = \frac{U_L \cdot D_L \cdot b}{U_{Rv} \cdot D_{Rv}} = b_{Rv} - b$$

Bei den beiden Kalibrierläufen der Fig. 1 und 2 ergibt sich eine Gesamtbreite dieses simulierten Prüfrtors 12 mit

10
$$b_v = b_{Lv} + b_{Rv} - b = b - \Delta b_{Lv} + \Delta b_{Rv}.$$

Durch entsprechende Wahl der Größen und Positionierungen der realen Kalibriermassen lassen sich simulierte Kalibriermassen bilden, welche beim jeweiligen Kalibrierlauf eine berechenbare Kalibrierunwucht erzeugen, mit welcher die aktuelle Messeinrichtung besser analysiert und Fehlerparameter an den günstigsten Positionen ermittelt werden. Hierdurch läßt sich ein an der Messeinrichtung eventuell vorhandenes systematisches Fehlverhalten feststellen und mit hoher Genauigkeit

20 durch die Kalibrierung kompensieren. Insbesondere können die beiden Kalibriermassen bzw. Kalibrierunwuchten in den beiden Kalibrierebenen in gleichen Winkellagen angeordnet werden.

Hierdurch werden Kalibrierunwuchten simuliert, die in Kalibrierebenen zwischen den beiden realen Kalibrierebenen 6, 7 liegen. Wenn die beiden Kalibriermassen die gleiche Grösse haben, läßt sich eine statische Kalibrierunwucht simulieren.

30 Ferner ist es möglich, eine simulierte Kalibrierunwucht mit einer in einer der beiden realen Kalibrierebenen 6, 7 angeordneten Kalibriermasse zu kombinieren. Hierzu wird dann ein zusätzlicher Kalibrierlauf mit nur einer Kalibriermasse in einer der beiden realen Kalibrierebenen durchgeführt.

[Bezugszeichenliste]

	1	realer Prüfroter
	2	Messachse
5	3	Messwelle
	4	erste Kalibriermasse
	5	zweite Kalibriermasse
	6	erste reale Kalibrierenebene
	7	zweite reale Kalibrierenebene
10	8	erste simulierte Kalibrierenebene
	9	zweite simulierte Kalibrierenebene
	10	erster Messwertgeber
	11	zweiter Messwertgeber
	12	simulierter Prüfroter
15	13	erste simulierte Kalibriermasse
	14	zweite simulierte Kalibriermasse

[Patentansprüche]

1. Verfahren zum Kalibrieren einer Unwuchtmesseinrichtung,
bei dem bestimmte Kalibriermassen in bestimmten axialen
5 und radialen Positionen in Kalibrierläufen um eine Mess-
achse zum Umlauf gebracht werden und dabei die Kräfte
gemessen werden, welche aus den von den Kalibriermassen
verursachten Unwuchten resultieren und bei dem die ge-
messenen Kräfte zur Kalibrierung der Unwuchtmesseinrich-
10 tung ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet, dass
bei einem Kalibrierlauf zwei Kalibriermassen gleicher
oder ungleicher Größe in zwei axialen Ebenen gleichzei-
tig zum Umlauf um die Messachse gebracht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
15 die Kalibriermassen an um 180° zueinander versetzten
Winkellage um die Messachse zum Umlauf gebracht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
die beiden Kalibriermassen in gleichen Winkellagen um
die Messachse zum Umlauf gebracht werden.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-
kennzeichnet, dass die beiden Kalibriermassen in glei-
chen und unterschiedlichen Radien um die Messachse zum
Umlauf gebracht werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch ge-
25 kennzeichnet, dass zusätzlich wenigstens ein Kalibrier-
lauf mit nur einer Kalibriermasse in einer der beiden
realen Kalibrierebenen durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch ge-
30 kennzeichnet, dass die beiden Kalibriermassen an einem
ausgewuchteten Prüfroter befestigt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass vor oder nach dem Kalibrierlauf bzw. den Kalibrierläufen die Restunwucht des Prüfroters gemessen und bei der Kalibrierung der Messeinrichtung kompensiert wird.
- 5 8. Vorrichtung zum Kalibrieren einer Unwuchtmesseinrichtung mit einer um eine Messachse (2) drehbaren Messwelle (3), auf welche ein ausgewuchteter Prüfroter (1) aufspannbar ist, wobei am Prüfroter Kalibriermassen befestigbar sind, mit Messgebern (10, 11), welche an der Messwelle
10 (3) wirksame Kräfte beim Drehen des Prüfroters (1) messen, und mit einer an die Messwertgeber (10, 11) angeschlossenen Auswerteeinrichtung, welche die gemessenen Kräfte zur Kalibrierung der Unwuchtmesseinrichtung auswertet, dadurch gekennzeichnet, dass am Prüfroter (1)
15 Befestigungsstellen vorgesehen sind, an denen bei einem Kalibrierlauf zwei Kalibriermassen (4, 5) in unterschiedlichen axialen Kalibrierebenen (6, 7) befestigt sind.
- 20 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Kalibriermassen (4, 5) mit einem Winkel von 180° um die Messachse (2) zueinander versetzt angeordnet sind.

[Zusammenfassung]

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kalibrieren einer Un-
wuchtmesseinrichtung, bei dem bei einem Kalibrierlauf zwei
5 Kalibriermassen 4, 5 gleicher oder ungleicher Größe in zwei
axialen Kalibrierebenen 6, 7 gleichzeitig zum Umlauf um eine
Messachse 2 gebracht werden, wobei in einer anderen axialen
Ebene eine um die Messachse 2 umlaufende Kalibriermasse 13
bzw. 14 simuliert wird.

10



(Fig. 1)



Fig. 1

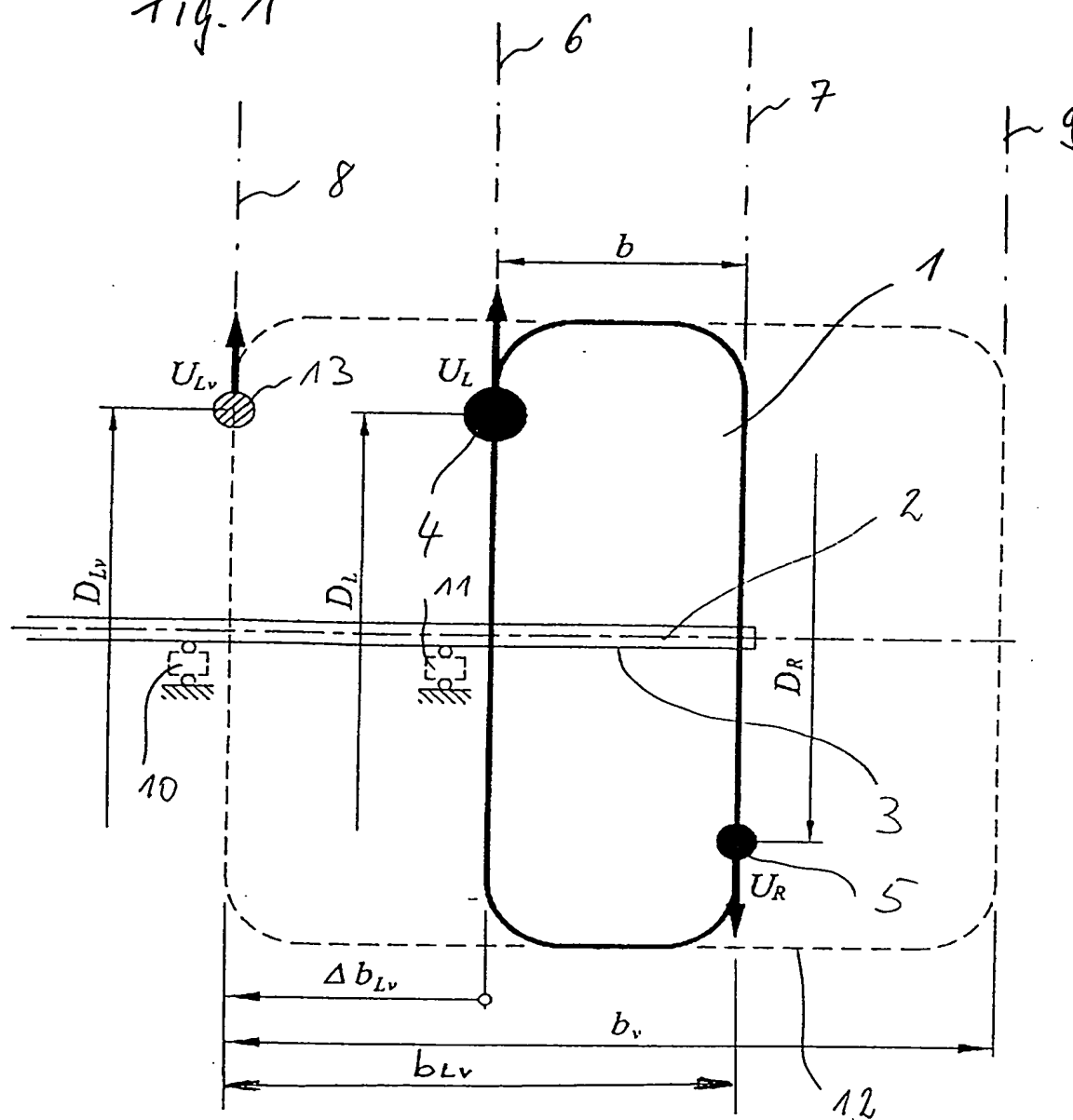


Fig. 1

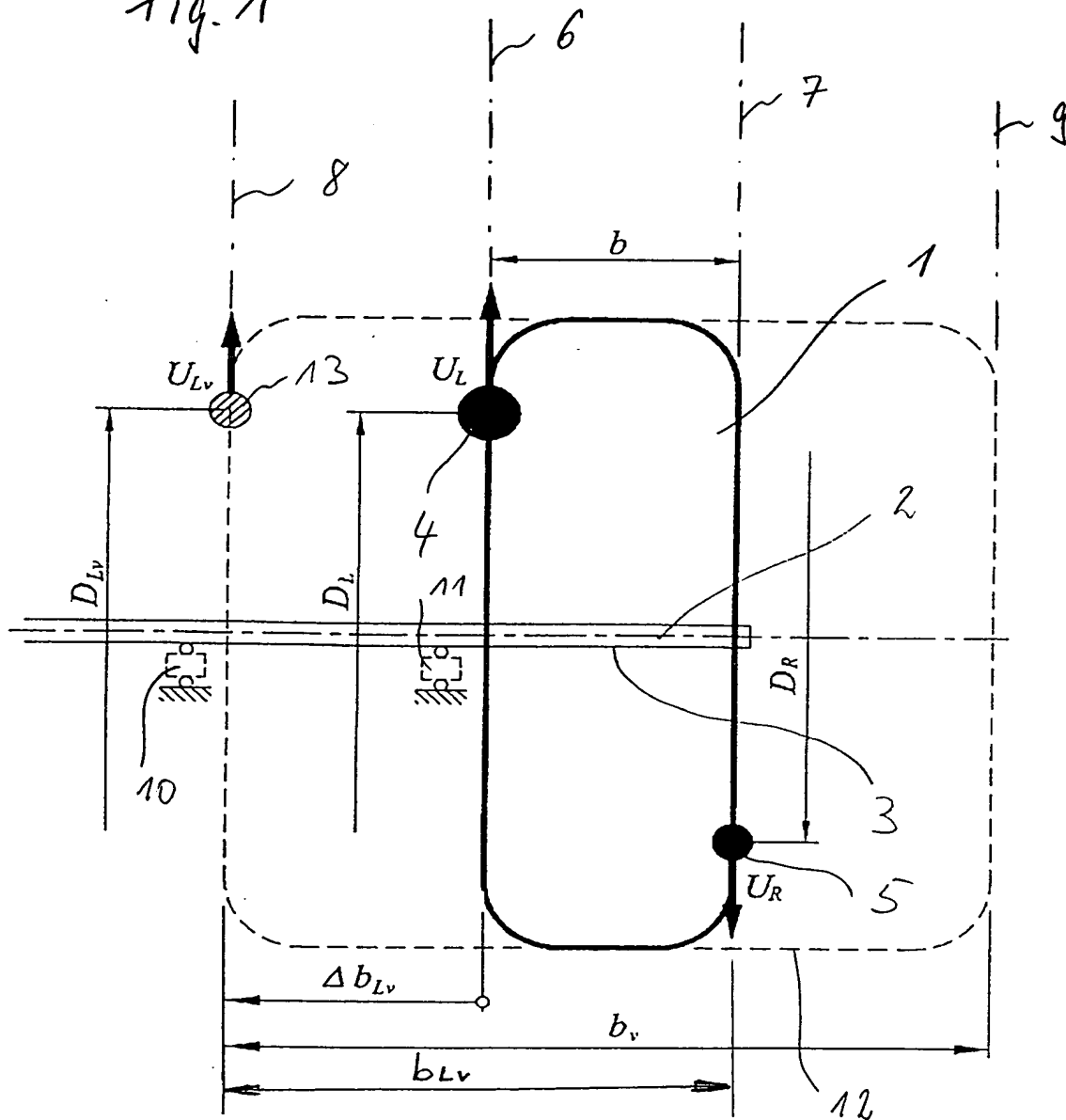


Fig. 2

